

# 智能交通信号机的设计及其实现

曹成涛<sup>1,2</sup>,郭庚麒<sup>1,2</sup>,徐建闽<sup>1</sup>

CAO Cheng-tao<sup>1,2</sup>,GUO Geng-qi<sup>1,2</sup>,XU Jian-min<sup>1</sup>

1.华南理工大学,广州 510640

2.广东交通职业技术学院,广州 510650

1.South China University of Technology,Guangzhou 510640,China

2.Guangdong Communication Polytechnic,Guangzhou 510650,China

E-mail:jncct@163.com

**CAO Cheng-tao, GUO Geng-qi, XU Jian-min. Design and realization of intelligent traffic signal control machine. Computer Engineering and Applications, 2010, 46(12): 68-71.**

**Abstract:** According to the characteristics of mixed traffic flow of China, a new design method of an intelligent traffic signal control machine using AVR128 is introduced. The paper provides the hardware scheme of every module and software strategy. The traffic signal control machine adopting module design method has the functions of hardware self-diagnosis and software anti-interference, which can implement multiple control modes including adaptive traffic control of one intersection and urban traffic area-wide cooperation control. The practice shows that the traffic signal control machine has strong stability and generality, it is effectively adaptive to the mixed traffic flow of China.

**Key words:** traffic signal control machine; module design method; AVR128; traffic control

**摘要:** 针对我国混合交通流的特点,利用 AVR128 单片机设计了一种智能交通信号机,给出了信号机各模块的硬件设计方案和软件设计流程图。该信号机采用模块化设计思想,具有硬件自检测和软件抗干扰功能,可实现单点自适应控制和区域协调控制等多种控制方式。实际使用表明,该信号机具有较强的稳定性和通用性,可有效适应我国的混合流交通状况。

**关键词:** 交通信号机;模块化设计;AVR128;交通控制

**DOI:** 10.3778/j.issn.1002-8331.2010.12.018 **文章编号:** 1002-8331(2010)12-0068-04 **文献标识码:** A **中图分类号:** U491

国外的先进城市交通控制系统已经在我国一些城市获得应用。但是,以 TRANSYT 为代表的定时控制交通系统和以 SCATS、SCOOT 为代表的实时自适应控制交通系统投资大,且不适应中国混合交通的特点,控制效果也不甚理想<sup>[1]</sup>。同时,我国现有的交通信号控制机大多是简易型控制机,集成度不高、实用性差、故障较多、维护量大。因此研制先进的交通信号控制机,使之既能满足现代智能交通的要求,又符合中国特有的混合交通流状况,具有十分重要的现实意义,而且可以为交通控制理论方法的研究提供验证平台<sup>[2]</sup>。

## 1 智能交通信号机的总体设计思路

信号机是控制交叉路口交通信号的重要设备,是交通信号控制的重要组成部分,各种交通控制方案,最终都要由信号机来实现。考虑到我国混合交通的需要,信号机除了对机动车还要考虑对行人和非机动车进行控制,因此信号机要实现每个方向机动车的左转、直行、右转控制和非机动车及行人的控制<sup>[3]</sup>,其中机动车和非机动车需要红、黄、绿三色灯控制,行人需要红、绿两种灯控制,所以每个方向至少需要 14 个 IO 口输出端

子来控制。开发信号机应具有通用性,除了常见的十字路口需控制 4 个方向外,还有需控制 5 个方向的特殊交叉口,因此信号机至少需要 5×14 个灯控输出端子。智能交通信号机必须可以实时检测道路的交通信息,每个车道进口方向一般埋 2 个线圈检测器,则单向 4 车道共有 8 个线圈检测器输出信号,5 个方向的特殊交叉口需要 40 个检测器输入接口。此外,显示面板功能指示灯还要占用 24 个 IO 口,因此适合混合交通控制的智能交通信号机共需要 134 个 IO 口。

智能交通信号机必须具有联网协调控制的功能,以满足区域交通协调控制的需要。联网协调控制中心计算机可以根据各交叉口信号机采集的当前时刻的交通信息,判断当前时刻的交通状态,采取合适的控制策略,通过智能优化算法对各交叉口的信号配时进行优化并将取得的参数发回交叉口信号机<sup>[4]</sup>。同时中心计算机还可以实时查询各交叉口的工作状态。联网控制根据需要可以使用以太网或者无线传输方式<sup>[5-6]</sup>。

为保证系统在复杂环境下工作的可靠性,增强系统的抗干扰能力是必须解决的问题。结合实际情况,该文从硬件、软件两个方面对系统进行可靠性设计,取得了满意的效果。

**基金项目:** 国家高技术研究发展计划(863)(the National High-Tech Research and Development Plan of China under Grant No.2006AA11Z211)。

**作者简介:** 曹成涛(1981-),男,博士,讲师,主要研究方向:智能交通控制;郭庚麒(1966-),男,副教授;徐建闽(1960-),男,教授,博导。

**收稿日期:** 2009-02-17 **修回日期:** 2009-04-03

## 2 智能交通信号机的硬件设计

智能交通信号机的硬件设计采取模块化的方式,分为主控模块、信号机驱动和自检模块、通讯模块、人机操作面板模块、车辆检测器模块五部分。信号机结构图如图1所示。

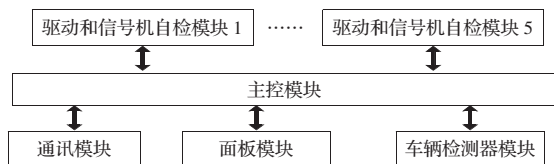


图1 信号机结构图

### 2.1 主控模块

主控模块的结构图如图2所示。作为信号机的核心,主控模块采用 ATMEGA128 作为主控制器,ATMEGA128 具有功能强、成本低、速度快、接口多等优点,在嵌入式系统中受到广泛应用。ATMEGA128 具有 128 KB 在线可编程 FLASH,4 KB 的 EEPROM,采用 RISC 精简指令集结构,有 53 个可编程 IO 口、2 个可编程 USART 口。控制器的 PA、PC 端口用于扩展通讯模块,数据地址复用引脚 PA 通过高速地址锁存器 74AHC573 连接 32 KB 存储器 RAM 和 10 MB 网络芯片 RTL8019;PB 端口作为数据线通过 8255 芯片用来扩展 IO 口,译码电路输出连接 8255 片选引脚。根据需要信号机可设置 5 块驱动板,每块驱动板有 24 个 IO 口,其中 14 个 IO 通过驱动电路控制一个方向的信号灯,8 个 IO 口连接线圈检测器,预留 2 个 IO 口备用。通过两线串行 TWI 接口连接 3 片 PCA9554 和 1 片 AT24C256;3 片 PCA9554 共扩展 24 个 IO 口,与面板模块相连控制 24 个面板上的状态指示灯。AT24C256 用来存储信号机的特殊日表、时段表、方案表等参数信息;信号机具有 2 个串口,根据需要可以接无线通讯设备或者和电脑相连进行信号机参数修改;选用实时时钟日历芯片 DS1302 作为系统时钟,不但能节省控制器芯片的定时/计数器资源,简化软件编程,而且能在主电源掉电、备用电源工作的方式下,保证系统时钟的正常运行。DS1302 采用串行通信方式实现数据的传输,大大节省了系统的硬件资源。

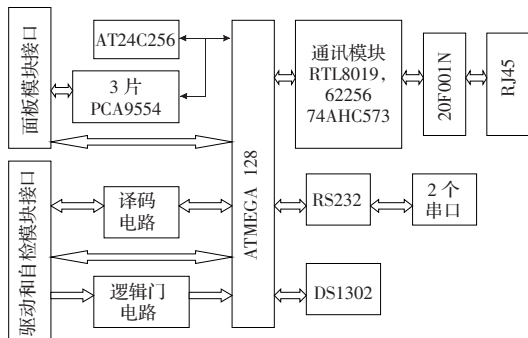


图2 信号机主控模块结构图

### 2.2 通讯模块

通讯模块由高速地址锁存器 74AHC573、32 KB 存储器 RAM 和 10 MB 网络芯片 RTL8019 组成。通过移植  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ , 实现了 TCP/IP 协议,解决了信号机的远程通讯问题。 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  是开放原码的实时操作系统,具有执行效率高、占用空间小、实时性能优良和扩展性强等特点,适合中小型控制系统。因为  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  在设计之初就充分考虑了可移植性,所以将它移植到 ATMEGA128 只需修改 INCLUDES.H、OS\_CPU.H、OS\_CPU\_C.C、

OS\_CPU\_A.S 这 4 个文件。TCP/IP 协议是应用最广泛的网络协议,将  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  操作系统和简化的 TCP/IP 协议移植到 ATMEGA128,使系统可顺利地接入以太网,并具有较高的数据传输率,可以满足信号机传输数据的需要。

由于 ATMEGA128 有 2 个可编程 USART 口,根据需要系统通讯时可以选择串口接 CDMA 等无线通讯设备。

### 2.3 驱动和信号机自检模块

由于信号机驱动部分是功率放大电路,容易损坏,引起信号机执行故障,需要设计与之匹配的检测电路,将驱动电路的工作状态及时地反馈到信号控制器,实现故障检测与故障处理的自诊断功能。

#### (1)驱动电路

驱动电路由耦合电路、触发电路、过零控制电路、开关电路和保护电路五部分组成。驱动原理如图3所示。耦合电路既为输入输出两部分提供信号传输通道,又为输入输出两部分实现电气隔离;触发电路提供控制开关电路通断的触发电压、触发电流;过零控制电路实现控制信号的过零触发,减小开关器件(双向晶闸管)接通时的高次谐波干扰;开关电路在触发电路控制下执行交流负载的接通与断开;保护电路防止从交流电源传来的尖峰电压、浪涌电压对开关器件的冲击和干扰。

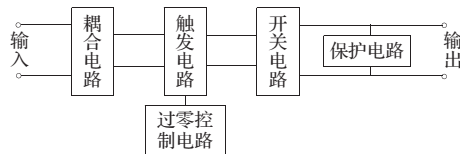


图3 驱动电路结构图

#### (2)信号机自检电路

信号机驱动部分的主要故障分为信号灯开路、双向晶闸管开路和双向晶闸管短路三种。由于排除信号灯故障所需的工作量较大,进行故障诊断时有必要将信号灯故障与双向晶闸管故障区分开来。采用电流检测技术检测信号灯回路电流,可以检测到双向晶闸管短路故障,但不能区分信号灯开路故障和双向晶闸管开路故障;采用电压检测技术检测信号灯两端电压,不能检测到信号灯开路故障;采用电压检测技术检测双向晶闸管两端电压,可以检测到双向晶闸管开路故障,但不能区分信号灯开路故障和双向晶闸管短路故障。因此要实现故障的有效精确诊断,必须结合使用电流检测技术与电压检测技术。检测电路如图4所示。

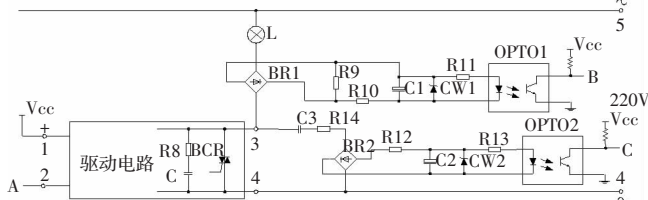


图4 检测电路图

整流桥 BR1、R9、R10、R11、C1、CW1 和光电耦合器 OPTO1 组成电流检测电路,其中 R9 为电流采样电阻,R10 为分压保护电阻,R11 为限流电阻,BR1、C1、CW1、OPTO1 分别实现整流、滤波、稳压、隔离的功能。整流桥 BR2、R12、R13、C2、CW2 和光电耦合器 OPTO2 组成电压检测电路,其中 R12 为分压保护电阻,R13 为限流电阻,BR2、C2、CW2、OPTO2 分别实现整流、滤波、稳压、隔离的功能。R14 为双向晶闸管关断分压电阻,C3 为



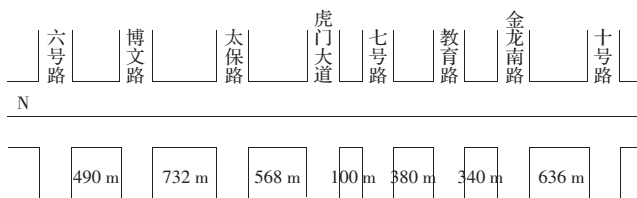


图9 东莞市连升路结构图



图10 信号控制可视化界面

进行相应的操作。

上述智能交通信号控制系统实际运行效果表明该信号机在各种天气里运行稳定,可适应交叉口复杂的环境。采用关联交叉口协调控制可有效改善连升路的交通情况,车辆通过连升路8个交叉口的停车次数最多为3次;路段平均行车速度比改造前提高了约20%。该信号控制系统对于提高路网运行效率,

减少交通堵塞等方面具有显著作用。

## 5 结论

针对我国的混合交通流的特征,利用 AVR128 单片机设计了一种智能交通信号机,给出了信号机各模块的硬件设计方案和系统的软件设计流程图。为保证系统在复杂环境下工作的可靠性,增强系统的抗干扰能力,信号机采用模块化设计思想,具有硬件自检测和软件抗干扰功能,可实现单点自适应控制和区域协调控制等多种控制方式。实践证明该信号机运行稳定,可有效地对我国混合交通流进行控制。

## 参考文献:

- [1] 陈晓关,童缓望.智能交通信号优化控制系统框架[J].武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2004,28(2):178-181.
- [2] 曹成涛.城市道路交通智能控制关键技术研究及应用[D].广州:华南理工大学交通学院.
- [3] 陈淑燕,陈深发,黄毅.单路口多相位交通信号模糊控制系统设计[J].系统仿真学报,2002,14(7):961-964.
- [4] Dotolim, Fanti M P, Meloni C A. A signal timing plan formulation for urban traffic control[J]. Control Engineering Practice, 2006, 14(2): 1297-1311.
- [5] 周力,唐诗忠.城市交通干线智能线控系统研究[J].电子科技大学学报,2007,36(4):744-747.
- [6] Lee J H, Lee K H. Distributed and cooperative fuzzy controllers for traffic intersections group[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics: Part C, Applications and Reviews, 1999, 29(2): 263-271.

(上接 67 页)

## 4.3 结果分析

从直观类图来看,实例1具有47.5 KB源代码8个类,类间关系少,不复杂;实例2具有86.5 KB源代码10个类,类间关系较实例1复杂;实例3具有115 KB源代码14个类,且类间关系在3个实例中最为复杂。可以认为,直观上实例3复杂于实例2,实例2复杂于实例1。从度量结果可见,实例3复杂于实例2,实例2复杂于实例1,这与对这些程序复杂性的分析结果相符。

图6对文中度量方法与代码量度量结果进行对比。图中,以实例1作为基准点(1,1),实例2和实例3中的各项数据在图中的显示为与其实例1中相关数据的比值。以X轴数据为例,1,1.821和2.421依次表示实例1、实例2和实例3的代码

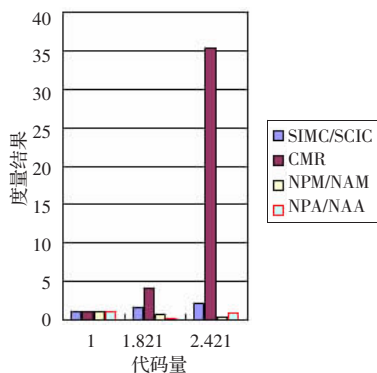


图6 对文中度量方法与代码量度量的对比图

量,其中,1.821=86.5/47.5,2.421=115/47.5。由图可见,实例3的CMR值大于实例2的CMR值,实例2的大于实例1的,这与实例1的成员关系复杂性最低,实例2高于实例1,实例3最复杂的分析结果是一致的。

## 5 结束语

对面向对象软件中类的复杂性进行分析,使用复杂性分解的思想将类的复杂性分解为类成员复杂性、类成员关系复杂性和封装复杂性等复杂性分量,并分别为各复杂性分量提出度量方法。最后,分析随机选取的3个VC++程序的度量结果,从实际应用这个角度验证了该度量方法的合理性和可行性。在今后的工作中,将结合文献[4]以及多态复杂性等方面的研究,逐步形成完整的、有效的、具有可操作性的面向对象复杂性度量方法。

## 参考文献:

- [1] Chidamber S R, Kemerer C F. A metrics suite for object oriented design[J]. IEEE Transactions on Software Engineering, 1994, 20(6): 476-493.
- [2] Brito F, Abreu E. MOOD - Metric for object-oriented design [C]// OOPSLA '94 Workshop on Pragmatic and the Oretical Directions in Object-Oriented Software Metric, Portland, OR, 1994.
- [3] Chen J Y, Liu J F. New metric for object-oriented design[J]. Information and Software Technology, 1993, 35(4): 232-240.
- [4] 吴光金,曾一.一种面向对象继承复杂性的综合度量[J].计算机工程与应用,2008,44(20):64-66.